

FRI-1.202-1-MR-02

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE DEPOSITION RATE ON THE ELECTRICAL PARAMETERS DURING VIBRO-ARC WELDING OF CAST IRON DETAILS IN ARGON⁸

Prof. Mitko Nikolov, DSc

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria

Tel.: +359 82 888 458

E-mail: mnikolov@uni-ruse.bg

Eng. Antoniy Antoniev, PhD

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria

E-mail: antoniy_agro@abv.bg

Eng. Denis Yasharov, PhD stud.

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies,

"Angel Kanchev" University of Ruse, Bulgaria

E-mail: dyasharov@uni-ruse.bg

Abstract: The research was carried out on a vibrating arc device for welding in shielding gases "ENTON-60" with an axisless inertial vibrator. The following criteria were used to evaluate the progress of the electric arc process and the formation of the vibro-welded coatings: short-circuit voltage, voltage at the beginning of arc burning, magnitude of the short-circuit current and magnitude of the current at the end of arc burning. It was found that an increase in the welding speed leads to an extreme change in the short-circuit and end-of-arc voltage, as well as the magnitude of the short-circuit and end-of-arc current, with minimum values of obtained at a welding speed of 0,92 m/min. At this speed, the difference in the magnitudes of the short-circuit current and the end of arc burning is at least 2 A for electrode wire Sv 08G2C, which is a prerequisite for a smaller degree of heating of the workpiece during restoration and spreading of the electrode material.

Keywords: Vibrating arc welding in argon, welding speed, electrical parameters.

ВЪВЕДЕНИЕ

Вибродъговото наваряване в аргон осигурява високо качество на възстановените детайли от земеделската техника и особено на тези от чугун. С вибродъгово наваряване в аргон могат да се възстановяват разнообразни детайли с малки и големи размери, с проста и сложна форма, с външни и вътрешни повърхности от различни метали и сплави. Скоростта на наваряване е един от основните параметри на режима на вибродъговото наваряване и оказва съществено влияние върху параметрите на вибродъговия процес и наварения слой, параметрите на напрежението и големината на тока в края на късото съединение, в началото и края на горене на електрическата дъга (Bekana D., 2020; Kangalov P., 2019; Kangalov P., D. Beleva, K. Dyakova-Dimitrova, 2015; Nikolov M., 2021).

Електрическите параметри (напрежение и големина на тока) на процеса на вибронаваряване имат съществено значение за пренасянето на разтопеният метал и

⁸ Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Ремонт и надеждност“ на 25 Октомври 2024 г. с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА СКОРОСТТА НА ОТЛАГАНЕ ВЪРХУ ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ ВИБРОДЪГОВО ЗАВАРЯВАНЕ НА ЧУГУНЕНИ ДЕТАЙЛИ В АРГОН.

формирането на възстановителното покритие. Повишаването на електрическото напрежение води до увеличаване на дъговият промеждутък, времето за електроудъговия цикъл, изгарянето на легиращите елементи и дефектите в наварения метал. Повишаването на големината на тока на късо съединение и особено скоростта на нарастване на тази големина води до увеличаване зоната на термическо влияние и разпръскването на електродния метал. Изменението на тези параметри в зависимост от скоростта на наваряване при виброръгово наваряване на чугунени детайли в аргон не е достатъчно изследвано (Bekana D., 2020; Delikostov T., 2020; Marinov S., O. Alipiev, T. Uzunov, 2019; Nikolov M., 2019).

Цел на изследването е установяване влиянието на скоростта на наваряване върху електрическите параметри при виброръгово наваряване на чугунени детайли в аргон.

Обект на изследването са възстановяваните чугунени детайли от автотракторната и земеделска техника, а предмет на изследването е процеса за получаване на вибронаварени покрития върху чугунени детайли в аргон.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В качеството на критерии за оценка на протичането на процесите на вибронаваряването в аргон и изходни параметри на модела за изследване са приети (Nikolov M., 2019):

- векторът на параметрите на електрическото напрежение (напрежение на късо съединение, напрежение в началото на горене на дъгата);
- векторът на параметрите на големината на тока (големина на тока на късото съединение и големина на тока в края на горене на дъгата).

За входен фактор на модела за изследване са избрани:

- скорост на наваряване;
- материал на електродния тел.

Изследването е проведено на виброръгова уредба за наваряване в защитни газове "ЕНТОН-60" с осов безинерционен вибратор. Аргона се подава в дюзата на виброръговият апарат под налягане от бутилка посредством стандартна газова апаратура.

За наваряване се използваха експериментални модели, изработени от сив чугун EN-GJL 200 с диаметър 50 mm и дължина 250 mm, които съответстват на модалните стойности от статистическото изследване на конструктивно-технологическите характеристики на детайлите от автотракторната и земеделска техника (Nikolov M., 2019; Nikolov M., 2021; Nikolov M., I. Todorov, V. Stoyanov, J. Valchev 2019).

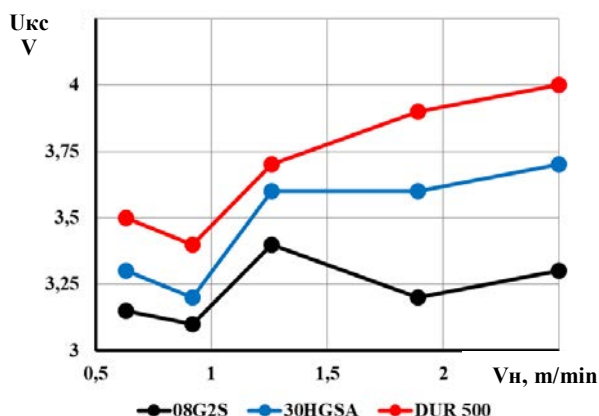
Наваряването се извърши с ниско, средно и високо въглеродни телове (Св 08Г2С, Нп 30ХГСА и DUR 500) с диаметър 1,6 mm при следния режим: работно електрическо напрежение 20V, големина на електрическия ток 150-180A; скорост на наваряване 1,26 m/min; скорост на подаване на електродния тел 2,3 m/min; стъпка на наваряване 3mm/tr; излаз на електродния тел 15 mm; честота на вибрациите 46,7 Hz и разход на защитен газ 15 l/min, ъгъл на точката на горене на дъгата-450, ъгъл на подвеждане на електродния тел във вертикалната плоскост-300 и в хоризонталната плоскост-150. Скоростта на наваряване се променяше степенно в диапазона от 0,63 до 2,5 m/min, като приемаше следните стойности за наваряване в аргон 0,63, 0,92, 1,26, 1,89 и 2,5 m/min

Изследването на процеса на виброръгово наваряване на чугунени детайли е съпроводено със записване и отчитане на електроудъговия и виброръгов процес. За измерване и записване на големината на тока в захранващата верига на виброръговия апарат са включени подходящи шунтове. Динамиката на изменение на тези параметри се записваше с помощта на аналогово цифровия преобразувател на NATIONAL INSTRUMENTS модел NI USB 6210 (Todorov, I. 2013; Valov, N., Valova, I., 2017; Valov, N., Valova, I., 2020). Осцилограмите на процеса са записани в реално време с помощта на софтуерния продукт "Lab View". За всяка една промяна в амплитудата на вибрациите и материала на електродния тел са проведени по 3 записа, като са определени средните стойности на изходните параметри. Записаните данни са обработени с помощта на софтуерния продукт Microsoft Office Excel. Получените данни за електрическите

параметри от осцилографирането на вибродъговия процес са обработени с известните статистически методи.

Въз основа на обработените данни са получени графическите зависимости за влиянието на скоростта на наваряване върху електрическите параметрите на вибродъговия процес и наварения слой (фиг. 1-фиг. 4).

На фиг.1 е показано изменението на напрежението на късо съединение при вибродъгово наваряване в моно газове. Като цяло, изменението на напрежението на късо съединение в аргон има екстремален характер. При увеличаване на скоростта на наваряване до 0,92 m/min се забелязва понижаване на напрежението и при трите електродни телове. Най-значително това намаляване е при електроден тел Нп30ХГСА. Най-ниска е стойността на напрежението на късо съединение за електроден тел 08Г2С от 3,1 V, а най-високо е то при DUR500 от 3,4 V. При по-високи стойности на скоростта на наваряване, $U_{кс}$ нараства като достига стойности от

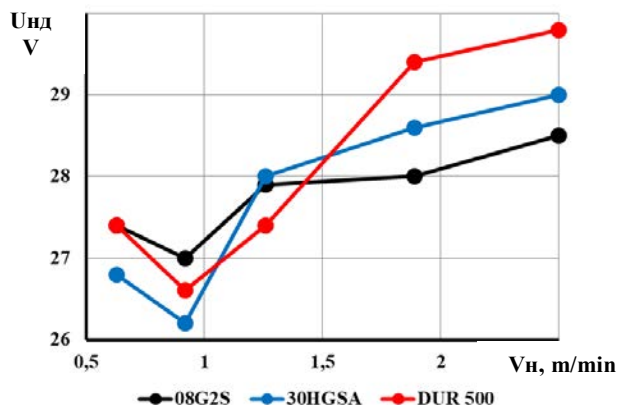


Фиг. 1. Влияние на скоростта на наваряване (V_n) върху напрежението на късо съединение ($U_{кс}$) при вибродъгово наваряване на чугунени детайли в Ar с различни електродни телове

че характера на изменението на това напрежение $U_{нд}$ във функция от скоростта на наваряване има също явно изразен минимум при скорост от 0,92 m/min. След обработване на резултатите от записите се установи, че напрежението в началото на горене на дъгата се изменя в границите от 26,8 до 29,6 V за трите електродни телове, като при скорост на наваряване от 0,92 m/min стойностите на напрежението в начало на горене на дъгата за трите електродни телове се намират в много тесни граници от 26,2 V за тел 30ХГСА до 27 V за тел 08Г2С. Стойностите на електрическото напрежение в началото на горене на дъгата при скорост на наваряване 1,89 m/min е много по-високо от същото напрежение при скорост 0,63 m/min. Тази разлика е най-силно изразена за електроден тел DUR500 от 2,4 V. Повишаването на напрежението на горене на дъгата води до влошаване условията за формиране на наварения слой и намаляване на коефициентите на наваряване и сплавяване, което се дължи на намаляване степента на предварително подгриване на върха на електродния тел, а също повишена степен на разсейване на топлината в

3,45 V до 3,9 V за всички електродни телове. Тази тенденция се запазва при всички стойности за скоростта на наваряване, като при скорост 0,92 m/min разликата е най-малка 0,3 V. По-ниските стойности на напрежението на късо съединение са предпоставка към по-слабо топлинно въздействие върху основния метал, което води от своя страна до по-малка дълбочина на проваряване, по-малка зона на термично влияние и по-малки деформации на детайлите, подлежащи на възстановяване.

Един от най-важните параметри на процеса на вибродъгово наваряване се явява напрежението на дъгата в нейното начало и край. Изменението на напрежението в началото на горене на дъгата при наваряване в аргон е показано на фиг.2, откъдето е видно,

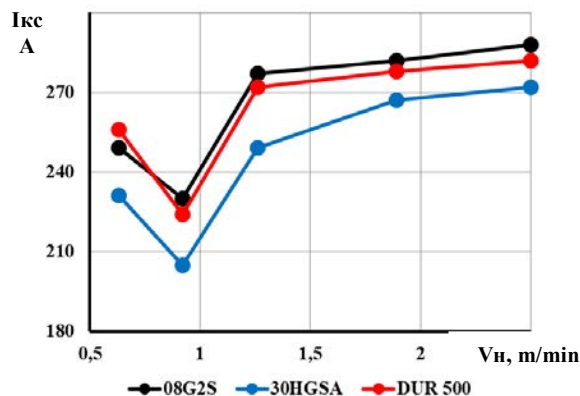


Фиг. 2 Влияние на скоростта на наваряване (V_n) върху напрежението в началото на горене на дъгата ($U_{нд}$) при вибродъгово наваряване на чугунени детайли в Ar с различни електродни телове

околната среда, увеличаване на дължината на дъгата и повишаване степента на изгаряне на въглерода и легиращите елементи.

Понижаване големината на напрежението на горене на дъгата води до намаляване делът на участие на основния метал в наварения слой, а така също - до намаляване напречното сечение на наварения слой, с което се дава възможност за получаване на тънкослойни и равномерни наварени възстановителни покрития.

Разликата между напрежението в началото и в края на горене на дъгата оказва съществено влияние върху качеството на навареното покритие. Колкото по-голяма е разликата между напреженията в началото и края на горене на дъгата, толкова по-голяма е скоростта на охлаждане на метала и се увеличава опасността от образуване на горещи пукнатини. Причините за това се дължат на бързо нарастващите вътрешни напрежения по време на



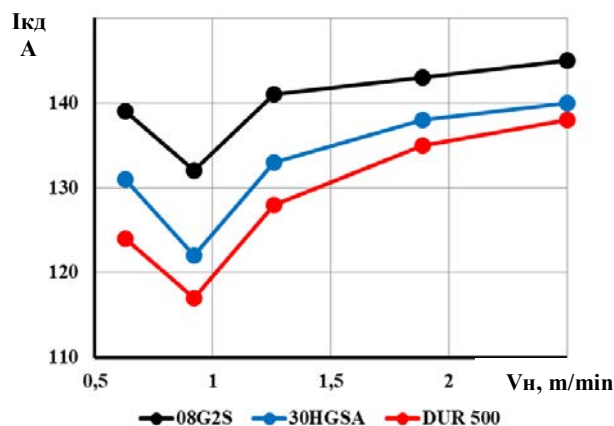
Фиг. 3. Влияние на скоростта на наваряване (V_n) върху големината на тока на късо съединение ($I_{кс}$) при вибраторно наваряване на чугунени детайли в Ar с различни електродни телове

Разликата между двете напрежения на горене на дъгата при наваряване в аргон е най-малка при оптималната стойност на скоростта на наваряване от 0,92 m/min и е в порядъка на 7,2-7,7 V, като е най-малка за тел DUR500. Това води до по-ниска вероятност за образуване на пукнатини в наварения метал при наваряване в аргон.

Едни от основните параметри на електродръговия процес са големината на тока на късо съединение и големината на тока в края на горене на дъгата. Големината на тока на късо съединение и големината на тока в края на горене на дъгата при вибраторно наваряване в аргон зависят съществено от скоростта на наваряване (фиг. 3 и фиг. 4). Един от основните параметри на електродръговия процес е големината на тока на късото съединение.

Стойността на тази големина и особено скоростта на нейното нарастване оказват значително въздействие върху зоната на термично влияние, пренасянето на разтопения метал, неговото формообразуване и загубите от разпръскване на електроден метал при откъсване на капката

кристализация на течната фаза и преминаване през т.нар. температурен интервал на крехкост, който обхваща интервала от началото на втвърдяване на дендритите до достигане на солидус състояние. В този интервал, металът се намира в полутечно-полутвърдо състояние, за което е характерно рязко понижаване на пластичността му в сравнение с пластичността в твърдо състояние. При тези условия, пластичната деформация на метала се изразява във взаимно преместване на кристалите и тяхното деформиране. Тъй като кристализацията на метала е съпроводена с непрекъснато променящи се вътрешни напрежения, чиято интензивност се повишава с понижаване на температурата, то кристалите не могат да понесат пластичната деформация, при което се наблюдава тяхното разделяне в следствие на зараждащите се пукнатини.



Фиг. 4. Влияние на скоростта на наваряване (V_n) върху големината на тока в края на горене на дъгата ($I_{кд}$) при вибраторно наваряване на чугунени детайли в Ar с различни електродни телове

от върха на електродния тел до пренасянето ѝ върху металната повърхност на наварявания детайл.

Изменението на големината на тока на късо съединение при вибродъгово наваряване в аргон има екстремален характер фиг. 3, като минималните му стойности се получават при скорост на наваряване от 0,92 m/min и за трите електродни телове. Това довежда до по-малко разпръскване на електродния метал при откъсване на капката. С повишаване на скоростта на наваряване, тока на късо съединение ($I_{кс}$) намалява значително от 231-256 А до 205-224 А за различните електродни телове, достигайки минимум при скорост на наваряване 0,92 m/min. По-нататъшното увеличение на скоростта на наваряване до 1,89 m/min довежда до съществено повишаване на големината на тока на късо съединение до стойности в интервала 267-288 А. При наваряване със средно въглеродния тел Нп30ХГСА големината на тока на късо съединение остава по-ниска през целия диапазон на изменение на скоростта на наваряване отколкото при ниско Св08Г2С и високо легирувания DUR500 телове. Най-високи стойности (начални, минимални и крайни) на тока на късо съединение има при наваряване с нисколегирувания електроден тел Св08Г2С.

Изменението на тока в края на горене на дъгата $I_{кд}$ при наваряване в аргон има явно изразен екстремален характер. От графиката се вижда, че увеличаването на скоростта на наваряване оказва съществено влияние върху изменението на $I_{кд}$ (фиг.4). Най-ниски стойности и за трите електродни телове се получават при скорост на наваряване 0,92 m/min, в интервала на 117-132 А. Най-ниска е стойността на тока в края на горене на дъгата при електродния тел DUR 500 от 117 А. Стойностите на тока в края на горене на дъгата за трите електродни телове се колебаят в тесни граници при различните скорости на наваряване. Стойностите на $I_{кд}$ при скорост на наваряване 0,92 m/min са значително по-ниски от същите при максимална скорост от 1,89 m/min. Тази разлика е най-силно изразена за електроден тел DUR500 от почти 11 А.

Разликата между големините на тока на късо съединение и в края на горене на дъгата при конкретните стойности на промяна на скоростта на наваряване оказва влияние върху степента на нагриване на основния метал, възможността за възникване на деформации в наварявания детайл и неравномерно формиране на наварения слой. От анализът на резултатите се установи, че при скорост на наваряване 0,92 m/min за електроден тел Св08Г2С разликата в големините на $I_{кс}$ и $I_{кд}$ е най-малка 2 А, което е предпоставка за по-малка степен на нагриване на детайла и разпръскване на електродния материал. Обратно, при скорост на наваряване от 1,89 m/min тази разлика е почти 7 пъти по-голяма 15 А, което от своя страна е предпоставка за повишено разпръскване и изгаряне на електроден метал, а също лошо формиране на наварения метал, висока грапавост и опасност от деформации на възстановяваните детайли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Скоростта на наваряване оказва съществено влияние върху параметрите на напрежението и големината на тока (напрежение на късо съединение, напрежение в началото на горене на дъгата, големина на тока на късото съединение и големина на тока в края на горене на дъгата) при вибродъгово наваряване в аргон.

2. Установено е, че увеличението на скоростта на наваряване води до екстремално изменение на напрежението на късо съединение и в края на горене на дъгата, а също големина на тока на късото съединение и в края на горене на дъгата, като минимални стойности се получават при скорост на наваряване 0,92 m/min.

3. Установи се, че при скорост на наваряване 0,92 m/min, за електроден тел Св08Г2С, разликата в големините на тока на късо съединение и края на горене на дъгата е най-малка 2 А, което е предпоставка за по-малка степен на нагриване на детайла при възстановяване и разпръскване на електродния материал.

REFERENCES

Bekana D. (2020) Optimizing the maintenance of agro-industrial equipment, Academic Publishing House University of Ruse, p. 130, ISBN 978-954-712-800-2, **(Оригинално заглавие: Бекана Д. (2020) Оптимизиране поддържането на аграрно-индустриалната техника, Русе: Академично издателство Русенски университет, с. 150, ISBN 978-954-712-800-2).**

Delikostov T., (2020) Management of fuel combustion of internal combustion engines from agricultural and tractor equipment by maintaining the food system. Scientific Monograph. Ruse, Academic Publishing House University of Ruse, p.136, ISBN 978-954-712-799-9. **(Оригинално заглавие: Деликостов Т. (2020) Управление разгода на гориво на ДВГ от земеделската и автотракторна техника чрез поддържане на хранителната система – научна монография. Русе: Академично издателство Русенски университет, p.136, ISBN 978-954-712-799-9).**

Kangalov P. (2012) Statistical study of the wear of the housing and the gate of the hydraulic valve P-80, IN: Scientific works of Angel Kanchev University, Ruse, Vol 51, book. 1.1, Ruse, pp. 252-256, ISBN 1311-3321. **(Оригинално заглавие: Кангалов П. (2012), Статистическо изследване износването на корпуса и шибъра на хидроразпределител P-80. В: Научни трудове на РУ-2012, том 51, с. 1.1, Русе, стр. 252-256, ISBN 1311-3321).**

Kangalov P. (2019) Rebuilding electrolytic alloys coatings. Scientific Monograph. Academic Publishing House University of Ruse, p. 170, ISBN 978-954-712-785-2 **(Оригинално заглавие: Кангалов П. (2019) Възстановителни покрития от електролитни сплави – научна монография. Русе: Академично издателство Русенски университет, с. 170, ISBN 978-954-712-785-2).**

Kangalov P., D. Beleva, K. Dyakova-Dimitrova, (2015), Determination of the initial structural characteristics of the pair of shaft-plain bearing by tractor engines. IN: Scientific works of Angel Kanchev University, Ruse, vol. 54, book 1.1, pp. 210-216, ISSN 1311 3321. **(Оригинално заглавие: Кангалов П., Д. Белева, К. Дякова-Димитрова, (2015) Определяне на началните структурни характеристики на двоищата вал-плъзгащ лагер от автотракторни двигатели.// Научни трудове на Русенския университет, том 54, с.1.1, стр. 210-216, ISSN 1311-3321).**

Marinov S., O Alipiev, T Uzunov. (2019) Interference of the profiles when meshing internal straight splines with gear shapers. MATEC Web of Conferences, No 287, 01015.

Nikolov M., (2021), Statistical distribution of the details from agricultural machinery made from cast iron.//Proceedings of university of Ruse - 2021, vol. 60, book (1.1), 49-55, ISSN: 1311-3321.

Nikolov M., I. Todorov, V. Stoyanov, J. Valchev. (2019) Determination of the Structural Characteristics of the Parts of Agricultural Machinery Subject for Repair. B: PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE – 2019, No v 58, b 1.1, pp. 44-48, ISSN 1311-3321.

Nikolov M, (2019) Rebuilding Overlaid Coatings Obtained Through Vibrating Arc Overlaying Process in an Atmosphere of Shielding Gas and its Mixtures - Scientific Monograph, Academic Publishing House University of Ruse, p. 144. ISBN 978-954-712-756-2 **(Оригинално заглавие: Николов М. (2019), Възстановителни вибронаварени покрития в защитни газове и техните смеси - научна монография, Русе: Академично издателство „Русенски университет, p. 144, ISBN 978-954-712-756-2).**

Nikolov, M. (2015), Research on the impact of amplitude of vibrations on electrical parameters of vibroarc weld overlay in argon.//Acta Technologica Agriculturae, vol. 18(2), pp. 46-48, ISSN 1335-2555, DOI: 10.1515/ata-2015-0010

Todorov I. (2019) A Research about Wear Process of Details from Belt Conveyor.// Agricultural, forest and transport machinery and technologies, Vol. VI, pp. 5-10, ISSN 2367-5888.

Todorov I., Uzunov T. (2015), Experimental study of main characteristics of a screw conveyor, B: Scientific works of Angel Kanchev University, Vol 54, s 1.1, Ruse, pp. 168-172, ISSN 1311 3321, **(Оригинално заглавие: Тодоров И., Т. Узунов. Експериментално изследване на**

основни характеристики на винтов транспортър. Научни трудове на Русенски университет, Русе, т. 54, сер. 1.1, стр. 168-172, ISBN 1311-3321.).

Todorov, I. (2013) Influence of the amplitude of vibrations on the technological parameters of the mode during vibroarc surfacing of details from the tractor and agricultural machinery. В: Scientific works of Angel Kanchev University, Vol 52, s 1.1, Ruse, pp. 293-296, ISSN 1311 3321, *(Оригинално заглавие: Тодоров И., (2013) Влияние на амплитудата на вибрации върху технологическите параметри на режима при вибродъгово наваряване на детайли от автотракторната и земеделска техника. В: Научни трудове на РУ „Ангел Кънчев“ том 52, с. 1,1, Русе, с. 293-296, ISSN 1311 3321).*

Valov, N., Valova, I. (2017) Drying process management laboratory with remote access. International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2017, doi:10.1109/ITHET.2017.8067800.

Valov, N., Valova, I. (2020) Home automation system with Raspberry Pi. International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, EE and AE 2020 - Proceedings, doi:10.1109/EEAE49144.2020.9278998

БЛАГОДАРНОСТИ

Докладът отразява резултати от работата по проект № 2024-АИФ-02, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.